

## РАЗВИТИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ НА НПО «ХАРТРОН»

*Горелова С. А., инженер 1-ой категории, НТУ «ХПИ»,  
Ларин А. А., доцент, канд. техн. наук, докторант НТУ «ХПнаИ»,  
Украина, г. Харьков  
squirrel-house@mail.ru*

В Харькове работает несколько предприятий космической отрасли, достижения которых долгое время из соображений секретности замалчивались. Крупнейшие из них - НПО «Хартрон» и «Коммунар», основной продукцией которых являются приборы управления космическими летательными аппаратами. На их основе в Харькове сформировалась научная школа теории управления [1]. Данная работа посвящается истории создания и развития НПО «Хартрон» (ОКБ-692), которая в значительной мере отражает развитие всей космической отрасли.

Началу космической эры предшествовала реализация масштабных и абсолютно новых по своей сути проектов оборонного назначения. 21 сентября 1951 г. завод «Электроинструмент», ведущий свою родословную от детской колонии А. С. Макаренко, был преобразован в ПО «Коммунар», предназначенное для серийного выпуска аппаратуры бортовых автономных систем управления (СУ) ракет и наземного испытательно-пускового электрооборудования, ставшее первым в СССР предприятием данного профиля [2, с. 16]. Для быстрейшего освоения серийного производства аппаратуры СУ для ракеты Р-1 (первой боевой ракеты СССР) с 1 января 1952 года в составе завода «Коммунар» было образовано специальное конструкторское бюро (СКБ-897) [2, с. 17]. Главным конструктором завода и начальником СКБ стал А. М. Гинзбург.

К концу 1956 г. в ОКБ-1 (главный конструктор С. П. Королев) была завершена разработка и начаты испытания межконтинентальной баллистической ракеты (МБР) Р-7. Но уже тогда было ясно, что эта ракета не может стать основой создаваемого ракетно-ядерного щита, т.к. ракетный комплекс имел низкую боеготовность (2 часа), уязвимую стартовую позицию (из-за жидко-кислородного окислителя) и не защищенную от помех СУ (из-за использования радиосистемы с наземными пунктами). В связи с этим вышло постановление Совета Министров СССР «О создании МБР Р-16» - ракеты, которая должна была обладать высокой степенью готовности к применению и, что еще более важно,

помехозащищенностью и неуязвимостью в процессе боевого дежурства. Так созрела идея разработки инерциальной СУ. Не найдя поддержки у директора НИИ-885 М. С. Рязанского и его заместителя Н. А. Пилюгина, М. К. Янгель делает предложение главному конструктору НИИ-944 В. И. Кузнецову взять на себя ответственность за разработку автономной инерциальной СУ ракеты Р-16. В то же время Янгель выступает с предложением об организации в Харькове на базе СКБ-897 («Коммунар») нового ОКБ по разработке СУ. 11 апреля 1959 года вышло Постановление Совета Министров СССР «Об организации ОКБ-692 (а/я 67)», которое взяло на себя функции головного комплексного научно-исследовательского и опытно-конструкторского предприятия по разработке СУ для ракет, создаваемых в ОКБ-586.

Именно в ОКБ-692 впервые в отечественной технике была разработана инерциальная автономная СУ МБР на базе трехосной гиросtabilизированной платформы с установленными на ней в плоскости стрельбы гиросинтезаторами. Программные функции на борту ракеты воспроизводились электромеханическими магнитофонами со специальной проволокой, вместо ферритовой ленты, и временными программно-токовыми распределителями. Автономность управления на базе инерциальной системы навигации, требовала высокой точности стабилизации движения центра масс и, в этой связи, было предложено оригинальное решение задачи высокоточного регулирования кажущейся скорости (РКС). Эта система обеспечивала весьма малую статическую ошибку и характеризовалась повышенной динамикой регулирования. Большая серия наземных испытаний на реальных двигателях, проведенная по инициативе Б. М. Коноплева, доказала взаимную совместимость двигателей и системы РКС. Одновременно в процессе этих испытаний впервые в стране была изучена динамика жидкостно-реактивных двигателей большой тяги как объекта управления. Творческий коллектив молодого ОКБ-692 впервые в стране разработал бортовые приборы автомата стабилизации, реализующего сложные законы регулирования на базе магнитно-полупроводниковых элементов.

При подготовке к запуску первой ракеты Р-16 произошел несанкционированный запуск двигателей второй ступени, что привело к взрыву и пожару, которые унесли жизни 92-х человек. В числе погибших были Главнокомандующий ракетными войсками, Главный маршал артиллерии М. И. Неделин и главный конструктор ОКБ-692 Б. М. Коноплев. Стремление руководства страны форсировать создание ракеты и соперничество двух великих М. К. Янгеля и С. П. Королева (Королевская Р-9 буквально «дышала в затылок» опережавшей ее по срокам создания Р-16) побудило разработчиков принять ряд отступлений от правил проведения пуска. Ни одно из них, само по себе, не могло привести к катастрофе, но их совокупность стала роковой. Однако, по решению правительства страны, работы по созданию Р-16 были продолжены без каких-либо санкций и оргвыводов. Катастрофа стала тяжелейшим ударом для всех разработчиков, смежников, испытателей ракеты Р-16. Преодолев шок первых дней после катастрофы, КБ Янгеля сделало все, чтобы не допустить подобного в дальнейшем. Трагическое событие 24 октября заставило радикально пересмотреть организацию работ по проектированию, производству и отработке ракетной техники, приняв концепцию безопасности как неотъемлемую часть процесса проектирования испытаний и эксплуатации. В Харькове прошло техническое совещание, на котором были определены объемы и сроки доработки СУ, главным конструктором ОКБ-692 стал Владимир Григорьевич Сергеев, занимавший этот пост до 1986 г.

В феврале 1961 года был осуществлен первый пуск Р-16, квалифицированный как удачный, несмотря на потерю устойчивости второй ступени. Это испытание вскрыло новую теоретическую и техническую проблему – структурную неустойчивость в каналах системы угловой стабилизации, обусловленную колебаниями частично заполненных топливных баков. Впервые проблема была решена группой динамиков ОКБ-692 в составе А. И. Гудименко, Я. Е. Айзенберга и др. [3, с. 25]. Разработанная методика проектирования систем угловой стабилизации объектов ракетно-космической техники (РКТ) с полостями, заполненными жидким наполнителем, была принята в головных организациях. Напряженная работа позволила закончить летные испытания ракеты, запускаемой с наземной пусковой установки, к концу 1961 года. 1 ноября три первых ракетных полка, оснащенных ракетами Р-16, заступили на боевое дежурство.

В середине 1960 года ОКБ-692 было назначено головной организацией по разработке комплекса СУ для ракеты-носителя 63С1. Для молодого коллектива ОКБ-692 это была престижная задача – к этому времени в стране была создана единственная ракета-носитель Р-7, СУ которой была разработана в НИИ-885 под руководством Н. А. Пилюгина, имевшего непререкаемый авторитет в этой части. После двух неудачных пусков ракеты 63С1 16 марта был осуществлен успешный пуск, в результате которого выведен на орбиту первый спутник ДС-2 (ОКБ-586), известный как «Космос-1». С этим пуском закончилась монополия ОКБ-1 как на средства запусков, так и на сами искусственные спутники Земли. Для ОКБ-692 это был важный запуск, который наряду с успешным ходом летных испытаний ракеты Р-16 продемонстрировал возросший уровень профессионализма его разработчиков.

Первые системы управления строились с аналоговыми приборами систем стабилизации и электромеханическими, а с 1964 г. электронными счетно-решающими приборами. К середине 60-х годов стало ясно, что принцип построения СУ на основе аналоговых и дискретных счетно-решающих устройств не имеет перспектив. Дальнейшее совершенствование управления межконтинентальными баллистическими ракетами требовало резкого увеличения объемов информации, обрабатываемой на борту ракеты в реальном масштабе времени. Требовалось также принципиально изменить идеологию регламентных проверок систем ракеты, которая базировалась на использовании сложной, дорогой и неудобной в эксплуатации передвижной испытательной аппаратуры, размещаемой в кузовах нескольких автомобилей. Таким образом, создание более совершенных ракетных средств потребовало достаточно мощных бортовых ЭВМ.

Перед разработчиками СУ с бортовыми ЭВМ встал вопрос: применить машину, разработанную Научно-исследовательским центром вычислительной техники - головным предприятием Министерства радиопромышленности СССР или использовать ЭВМ собственной разработки. На одном из совещаний высшего руководства "Хартрона" в апреле 1967 г. В. Г. Сергеев поставил этот вопрос на обсуждение. Все руководители ведущих подразделений: Я. Е. Айзенберг, А. И. Кривоносов, Б. М. Конорев, А. С. Гончар и др. высказались за использование бортовой ЭВМ собственной разработки, поскольку в "чужую" машину было практически невозможно вносить необходимые изменения в программное обеспечение, что резко замедлило бы разработку новых систем управления. Единогласно принятое решение начало быстро исполняться. Уже в 1968 г. был испытан первый экспериментальный образец бортовой ЭВМ на гибридных модулях. Через шесть месяцев появилась ее трехканальная модификация на монолитных интегральных схемах. В 1971 г.,

впервые в СССР, был произведен запуск новой ракеты 15A14 с системой управления, включающей бортовую ЭВМ. Удачно выбранный и успешно реализованный комплекс вычислительных характеристик, надёжная элементная база обеспечили этой бортовой ЭВМ уникальный срок жизни - около 25 лет. Использование в СУ ракет бортовых ЭВМ, обеспечивающих функционирование ракетного комплекса при наземных проверках и в условиях полёта ракеты, явилось революционным шагом. При этом резко упрощалась наземная аппаратура, её можно было разместить в "оголовках" ракетных шахт, отказавшись от автопоездов. Возможность решения более сложных алгоритмов позволяла существенно повысить точность стрельбы. В НПО "Хартрон" было организовано современное и мощное производство модулей, многослойных печатных плат, запоминающих устройств на ферритовых сердечниках, решены сложные научно-технические проблемы обеспечения помехозащищенности, высокой надежности, стабильности параметров бортовой вычислительной техники в течение 10-летнего (и более) срока эксплуатации. С 1966 г. по 1992 г. это подразделение возглавлял А. И. Кривоносов.

В 1979 г. были приняты на вооружение ракеты 15A18 и 15A35 с унифицированным бортовым вычислительным комплексом. Для СУ этих "суперизделий" впервые в СССР была разработана новая технология отработки программно-математического обеспечения, с так называемым "электронным пуском", при котором на специальном комплексе, включающем ЭВМ БЭСМ-6, других ЭВМ и ряда реальных блоков и устройств ракеты, моделировались все процессы, которые происходят при реальном запуске и полете ракеты и реакция СУ на воздействие основных возмущающих факторов. Работа по разработке "электронного пуска" была выдающимся достижением "Хартрона" и означала новый этап в развитии ракетостроения. Эта технология обеспечила также эффективный и полный контроль полетных заданий. Такая проверка позволяла исключить возможные недоработки в аппаратуре, обеспечивала возможность обойтись без пробных запусков весьма дорогостоящих ракет. При составлении необходимых "электронных" моделей и для отработки самого процесса моделирования потребовалось подготовить программы, содержащие сотни тысяч команд. Если учесть, что в те годы опытный программист за день мог подготовить десять-двадцать команд, то можно понять, перед какой проблемой оказался "Хартрон" при разработке "электронного пуска".

В последующие годы были созданы еще четыре поколения бортовых ЭВМ, имеющих одни из лучших в СССР вычислительные и эксплуатационные характеристики и эффективную технологию разработки программного обеспечения, не уступающие зарубежным аналогам.

С середины 60-х в КБ "Южное" начинается новый этап - проектирование и создание МБР четвертого поколения - РС-16 (СС-17) и РС-20 (СС-18). Новые ракеты обладали более высокой точностью, оснащались боеголовками индивидуального наведения, имели высокую степень выживаемости и технику так называемого "холодного" запуска с возможностью перезарядки пусковой установки. Американцы, узнав о новой ракете СС-18, окрестили ее "Сатаной". СС-18 внесена в "Книгу рекордов Гиннеса" как "самая мощная межконтинентальная баллистическая ракета в мире". Технические решения, воплощенные в этой ракете, признаны классикой боевого ракетостроения. Создание ракетного комплекса с ракетой 15A18М ("Сатана") проходило в очень сжатые сроки. В хронологии событий по ракете 15A18М есть такие записи: март 1986 г. - начало летных испытаний, март 1988 г. - завершение этих испытаний, август 1988 г. - принятие комплекса на вооружение [4].

СУ ракеты СС-18 планировали создать путем модернизации системы предыдущей ракеты, но она вылилась в проектирование ряда принципиально новых приборов, в том числе и бортовой цифровой вычислительной машины. Для координации была создана специальная оперативно-техническая группа. Необычным в создании этой группы было подчинение на этот период руководителей двух военных представительств и разработчиков главному инженеру серийного предприятия. В конце сентября 1987 г. группа приступила к работе. Это важнейшее задание потребовало от руководства и всех сотрудников максимального напряжения сил. Работы шли круглосуточно, без выходных, зачастую люди ночевали на рабочих местах. В 18-00 каждого дня, включая субботу и воскресенье, шел разбор состояния производства и отработки аппаратуры, заслушивались исполнители - разработчики, начальники цехов, снабженцы, военпреды и другие специалисты, принимались решения. Протоколы не велись, каждый записывал себе поручения и отчитывался в установленный срок.

К началу 1980-х годов производственные возможности и научно-технический потенциал объединения уже позволяли вести параллельно освоение нескольких новых, совершенно уникальных комплексов. Кроме СУ ракеты СС-18, на «Хартроне» создавались аппаратура стыковки "Курс" и бортовой вычислительный комплекс "Салют 5Б" для станции "Мир", ряд блоков СУ ракеты-носителя "Энергия", СУ ракетного комплекса морского базирования, навигационная система для железнодорожного ракетного комплекса.

В конце 1980-х годов для нового поколения СУ космических аппаратов созданы два новых бортовых вычислительных комплекса, имеющих, в отличие от предыдущих, существенно более низкое энергопотребление. Успешные запуски объектов, использующих эти комплексы, показали способность "Хартрона" и в настоящее время обеспечивать космическую технику надежными бортовыми ЭВМ.

Почти 50 лет НПО «Хартрон» является ведущим разработчиком СУ, бортовых и наземных вычислительных комплексов, сложного электронного оборудования для различных типов ракет и космических аппаратов. За эти годы созданы СУ межконтинентальных баллистических ракет СС-7, СС-8, СС-9, СС-15, СС-18, СС-19, самой мощной в мире ракеты носителя "Энергия", ракеты носителя "Циклон", орбитальных модулей "Квант", "Квант-2", "Кристалл", "Природа", "Спектр", более 150 спутников серии "Космос" и др. объектов.

Освоение и производство бортовых вычислительных машин для ракетной техники и космических систем на Украине велось также на харьковских предприятиях "Коммунар" и "Электроаппаратура" по документации московского НИИ-885, руководимого Алексеем Николаевичем Пилюгиным. Институтом Пилюгина была разработана серия СУ для ракетных и космических комплексов с использованием бортовой ЭВМ, в том числе и для космического ракетного комплекса "Зенит" (разработка конструкторского бюро "Южное" и ПО "Южный машиностроительный завод"). СУ для ракеты-носителя "Зенит" изготавливает сейчас ПО "Коммунар". Известно, что эта ракета стала основой международного коммерческого проекта "Морской старт", в котором, кроме Украины, участвуют Россия, Норвегия и США.

О трудовых подвигах и потерях предприятий «Хартрон» и «Коммунар» не рассказывали в школе, не писали газеты, не говорили по телевидению. Информация о разработках была строго засекречена. Именно этот факт говорит о том, что цель

исследования и изучения не так давно рассекреченных материалов, так же заключается в освещении вклада этих предприятий в освоение космического пространства.

### **Литература**

1. Бреславский Д. В., Горелова С. А., Ларин А. А. Зарождение и развитие Харьковской школы теории управления Вестник НТУ «ХПИ» Динамика и прочность машин, Харьков, 2006, вып. 32, С. 38-44
2. Страницы истории НТ СКБ «Полисвит» Производственного объединения «Коммунар» / В. Т. Грищенко, В. А. Остапченко, Н. Ф. Сидоренко и др. – Харьков: design/проект, 2001. – 292 с.
3. Научно-производственное предприятие Хартрон-Аркос. Хроника дат и событий. 1958 – 2002 гг. – Харьков, 2002. – 112 с.
4. Малиновский Б. Н. Очерки по истории компьютерной науки и техники в Украине. – Киев: Феникс, 1998. – 452 с.